



Seminario Internacional

Construcción de Pavimentos de Hormigón

Tema:

Claves del Éxito en el Desarrollo de Pavimentos Rígidos en Uruguay

Disertante:

Ing. Alvaro González



Indice:

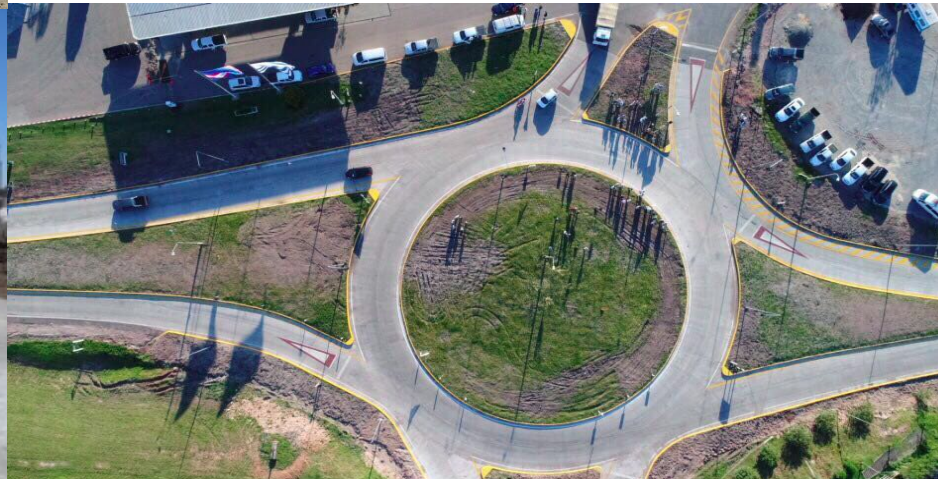
Red Vial Nacional Uruguaya

Proyectos Desarrollados

Comparativas Rígido - Flexibles

Proceso Constructivo

Claves del Exito



Construcción de Pavimentos de Hormigón



Red Vial Nacional:

Red Vial Principal : 8.800 kms gestionados por el MTOP y CVU

Red Vial Secundaria: 50.000 kms gestionada por Intendencias Municipales

Red Vial Principal:

50% MTOP (DNV) Responsable de todas las etapas del proyecto

50% CVU es Responsable de gestión financiera y MTOP del resto de las etapas de los proyectos

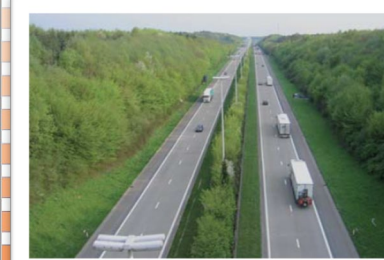
CVU – Corporación Vial del Uruguay, empresa Pública que opera dentro del derecho Privado



Tipos de pavimentos de la Red Vial Principal

Forma de Gestión	Longitud (km)	Porcentaje
Concesión	145	2%
CVU	3146	36%
DNV	4441	50%
PPP	1105	13%
Total	8836	100%

Tipo de Firme	Longitud (km)	Porcentaje
Carpeta Asfáltica	4777	54%
Tratamiento Bituminoso	3262	37%
Hormigón	487	6%
Tosca	310	4%
Total	8836	100%



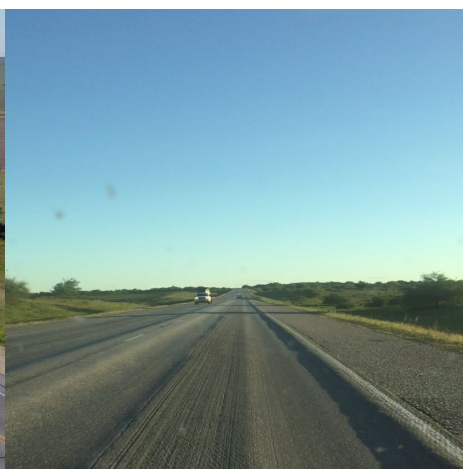
Construcción de Pavimentos de Hormigón



Fuentes de Financiamiento:

- ✓ Partidas provenientes de Rentas Generales
- ✓ PPP – Proyecto, Construcción, Mantenimiento y Financiamiento
Desde 2017 - 1200 km en contratos a más de 20 años
- ✓ CREMAF - Proyecto, Construcción, Mantenimiento y Financiamiento
Desde 2023 – 560 kms en contratos a 10 años

CREMAF – Sistema diseñado para agilizar los procesos licitatorios y acceso a las empresas constructoras y financieras locales a diferencia con las PPP





Año	Ruta	kms	Base	Pav. Tipo	Licit. Tipo	Forma de Lic.	Observaciones
2009	102	22	Cementada	Horm. e=24 cm	LPI	Hormigón	Anillo Perimetral Mdeo.
2011	24	49	Pav. Existente	WT adh. e=15 cm	LPI	Hormigón y Asfalto	Mayor carga del país
2014	55	12	Cementada	Horm. e=23 cm	Privada	Hormigón y Asfalto	Planta de Celulosa
2015	12	48	Cementada	Horm. e=21 cm	LPI	Hormigón y Asfalto	Celulosa y granos
2016	2	10	Cementada	Horm. e=21 cm	LPI	Hormigón	Centros poblados
			Pav. Existente	WT adh. e=15 cm			
2017	1	10	Cementada	Horm. e=21 cm	LPI	Hormigón	Anillo Perimetral
2017 / 24			Cementada	Horm. e=23 cm	Varios	Hormigón	Rotondas Rutas varias
			Pav. Asfáltico	WT adh. e=15 cm			
2017	3	49	Pav. Existente	WT adh. e=14 cm	LPI	Hormigón	Ruta muy cargada
2018	81	11	Cementada	Horm. e=21 cm	LPI	Hormigón	Bypass Canelones
2019	5	12	Cementada	Horm. e=22 cm	LPI	Hormigón	Bypass Durazno
			Pav. Existente	WT adh. e=15 cm			
2019	24	44	Cementada	Horm. e=23 cm	PPP	Hormigón y Asfalto	Mayor carga del país
2023	5	70	Cementada	Horm. e=23 cm	CREMAF	Hormigón y Asfalto	Mayor carga del país
			Pav. Existente	WT adh. e=14 cm			
2023	5	78	Cementada	Horm. e=23 cm	CREMAF	Hormigón y Asfalto	Mayor carga del país
			Pav. Existente	WT adh. e=14 cm			
2023	25	29	Cementada	Horm. e=22 cm	LPI	Hormigón	Mayor carga del país

Construcción de Pavimentos de Hormigón



Anillo Perimetral de Montevideo

Ruta que deriva todo el tránsito pesado desde el este y noreste al Puerto de Montevideo

Tramo 1 - Primer Proyecto con tecnología TAR

Tramo 2 – Pavimentación con moldes

Resultados de IRI, productividad, etc. muy diferentes

Pavimento de hormigón de $e = 24\text{cm}$

Base cementada $e = 15\text{cm}$.

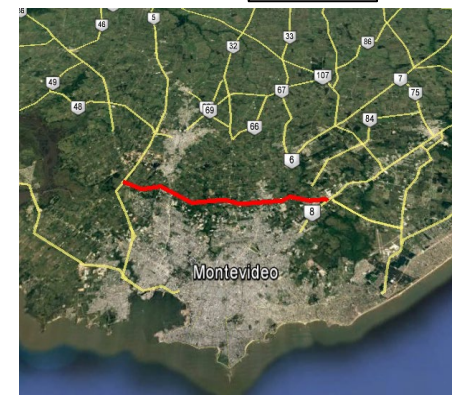
Juntas con pasadores y barras de unión

Losas de $3,6\text{m} \times 4,5\text{m}$

Banquinas de mezcla asfálticas

Muy buenos resultados y Aprendizajes para todos los involucrados:

- Empresas constructoras
- Técnicos y autoridades del MTOP
- Empresa Proveedora de Hormigón



Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 24 – Whitetopping Adherido con macro fibras

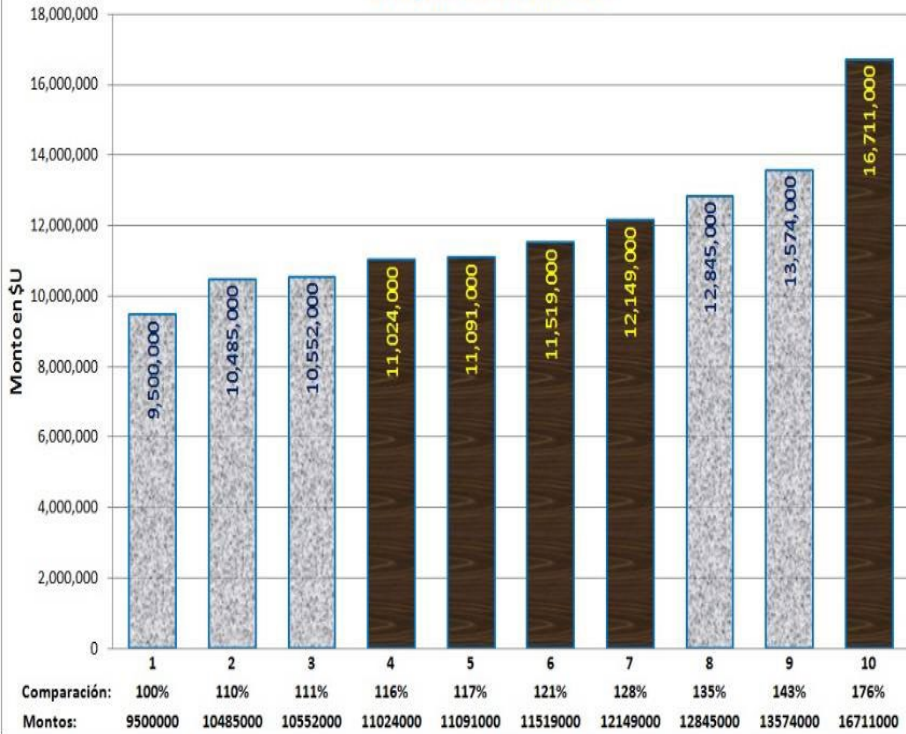
La ruta con mayor carga del país – Pta. de celulosa, granos, ganado

Licitación en 2 Alternativas para el mismo período de diseño de 20 años

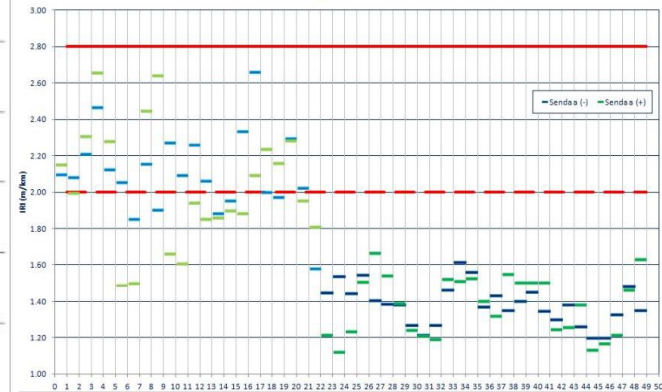
Premio por mejoramiento de IRI:
Recepción 2,8 mt/km
Premio: 2,00



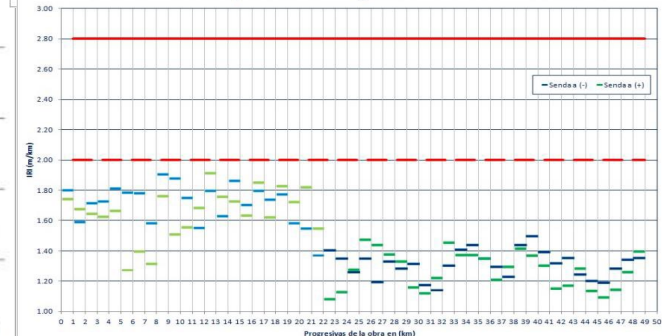
Comparación de ofertas.



Valores medios de IRI por km de senda construida



Valores medios de IRI por km de senda Agosto 2014 relevado con EAR clase I



Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 24 – Whitetopping Adherido con macro fibras

Resistencia residual (fD150) ASTM C 1609

Incorporación de fibras en el hormigón



Suministro de prensa para la medición de Resistencia Residual ASTM 1609-07.

Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 24 – Whitetopping Adherido con macro fibras

Método de Diseño y Construcción

Espesor de hormigón $hc=15\text{cm}$

Espesor de MA remanente $Eac=12\text{cm}$ (min)

Losas de 1,80 mts x 1,80 mts

Sin pasadores, barras de unión ni sellado de juntas



Adherencia HRF-Asfalto (corte)

Portland Cement Concrete Inlay / Overlay Thickness Design
Version 1.0.1, August 1, 2010

Use of this treatment shall be according to Bureau of Design and Environment Procedure Memorandum 64-08.

There are two options for designing a PCC inlay/overlay on a pavement with a hot mix asphalt (HMA) surface:

Option 1 (Left Button): Specify the underlying HMA thickness and determine the required PCC inlay/overlay thickness.

Option 2 (Right Button): Specify the PCC inlay/overlay thickness and determine the required thickness of underlying HMA.

Required Thickness of PCC Inlay / Overlay

Required Thickness of Underlying HMA

Advantages: The Illinois Center for Transportation (ICT) is an innovative partnership between the Illinois Department of Transportation (IDOT) and the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC).

Disadvantages: The contents of this spreadsheet are based on the results of CT-527.3, "Design and Concrete Adhesive Repairments for Ultra-Thin Whitetopping", CT-527.2, was conducted in cooperation with the Illinois Center for Transportation, the Illinois Department of Transportation, Division of Highways, and the U.S. Department of Transportation.

Table for Highway Administration: The Authority of the contents of this spreadsheet is held responsible for the facts and the accuracy of the data and instructions presented herein. The contents have been prepared for those uses based on Department input engineering details, conditions and materials, as well as Department specifications and guidelines, which may not produce valid results for others.

ILLINOIS

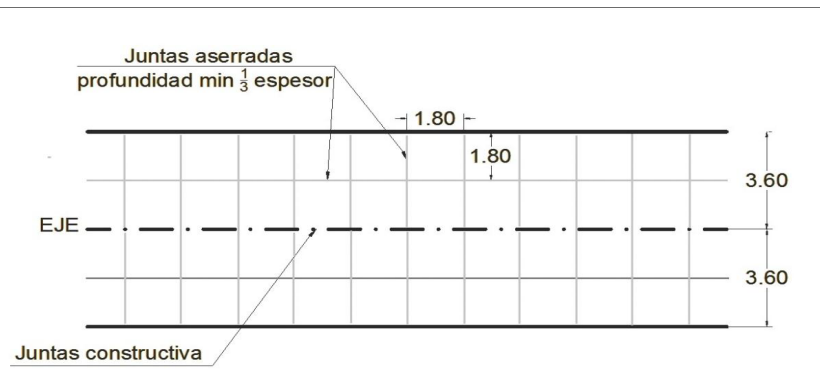
National Concrete Pavement Technology Center

Guide to **CONCRETE OVERLAYS** THIRD EDITION

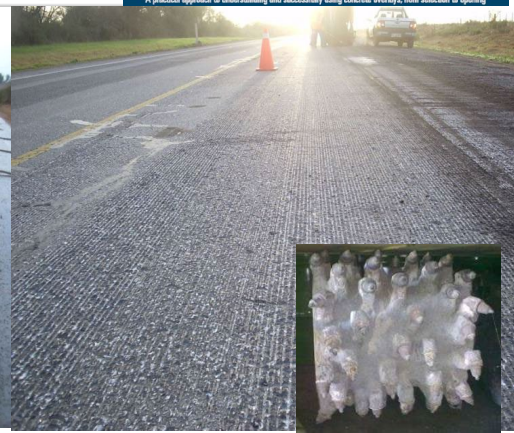
Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements

May 2014

A practical approach to understanding and successfully using concrete overlays, from selection to opening



Calificación adherencia	MPa	psi
Excelente	$\geq 2,1$	≥ 300
Muy buena	1,7 a 2,1	250 a 290
Buena	1,4 a 1,7	200 a 249
Regular	0,7 a 1,4	100 a 199
Mala	0 a 0,7	0 a 99



Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 12 – Pavimento de Hormigón Simple

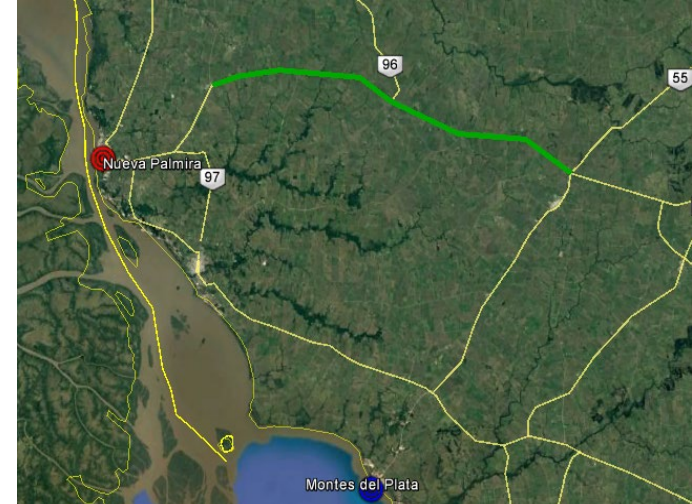
48 kms de Rehabilitación del pavimento, correcciones planialtimétricas y ensanche de plataforma.

Ruta de Alto tránsito pesado – Puerto Granelero de Nueva Palmira
Corredor a Pta. Celulosa Montes del Plata
Otras cargas pesadas

Losas de 3,60 x 4,20 con pasadores de 32 mm y barras de unión de 12 mm sobre Base Cementada de 15 cms. de espesor

Licitación en pavimento Rígido y en Flexible:

- Hormigón se diseñó a 25 años
 - Asfalto se diseñó a 10 años
- Se aplicó un coeficiente de ajuste del 15% para hacer las ofertas equivalente



Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 55 – Pavimento de Hormigón Simple

Ruta de acceso a planta de celulosa Montes del Plata (12 kms)

Proyecto, construcción y financiación por parte del Privado

Supervisión por parte del MTOP para formar parte de la red vial nacional

Pavimento:

Hormigón de 23cm

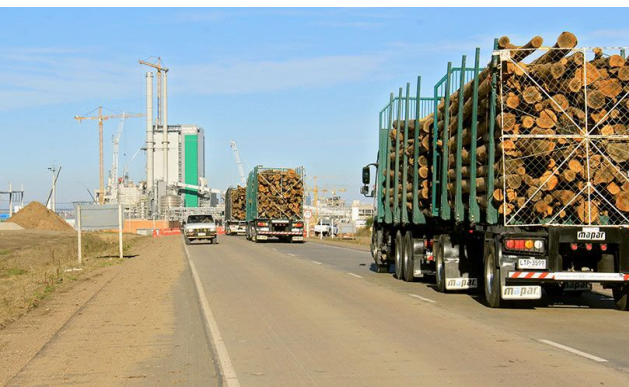
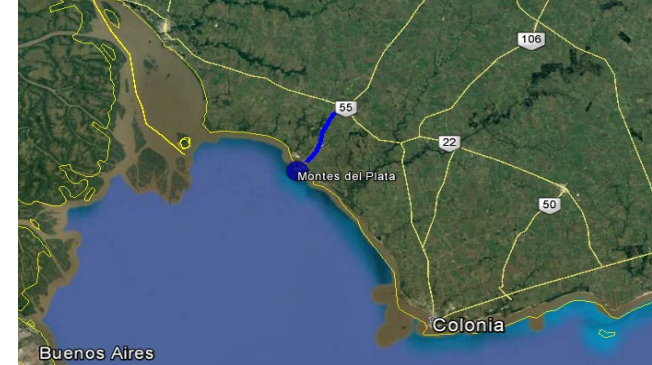
Base cementada de 15cm

Juntas con pasadores y barras de unión

Losas de 3,65m x 4,2m

Inicialmente Pavimento Flexible, se modificó a Rígido

Por análisis comparativos de costos, performance, y durabilidad



Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 3 – Whitetopping Adherido con macro fibras

Luego de reiterados recapados en mezcla asfáltica con permanentes y prematuros ahuellamientos

Proyecto:

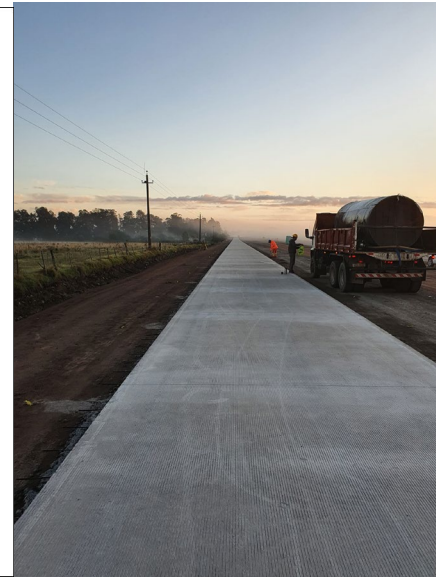
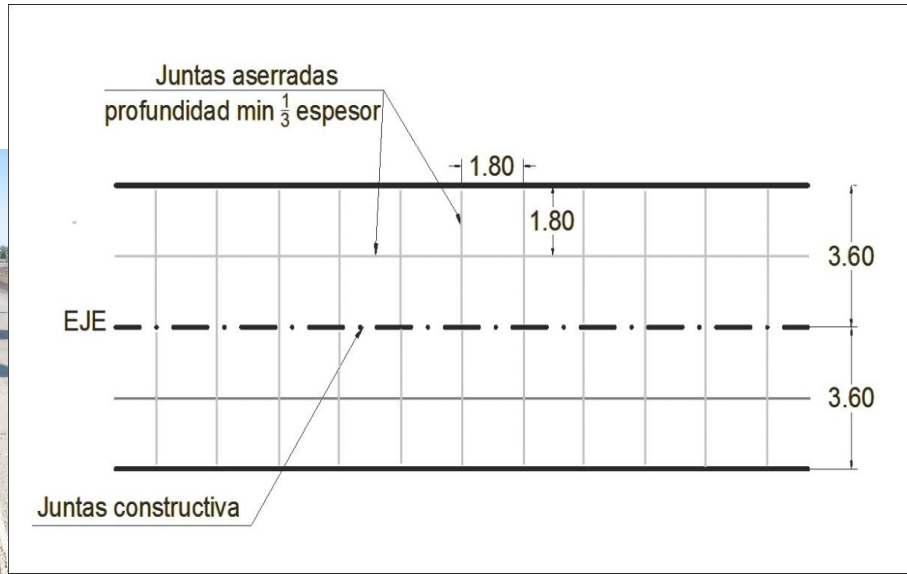
Losas de 1,80 x 1,80 mt

Espesor de hormigón $h_c=14\text{cm}$

Espesor de MA remanente $E_{ac}=20\text{cm}$ (min)

Sin pasadores, barras de unión ni sellado de juntas

Premio por mejoramiento de IRI



11.3.2009

Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 5 Doble vía - Reconstrucción ruta existente y senda Nueva

2 Licitaciones de 75 kms en total de Doble vía mediante sistema CREMAF:

Proyecto

Construcción 2 años

Mantenimiento 10 años

Financiamiento

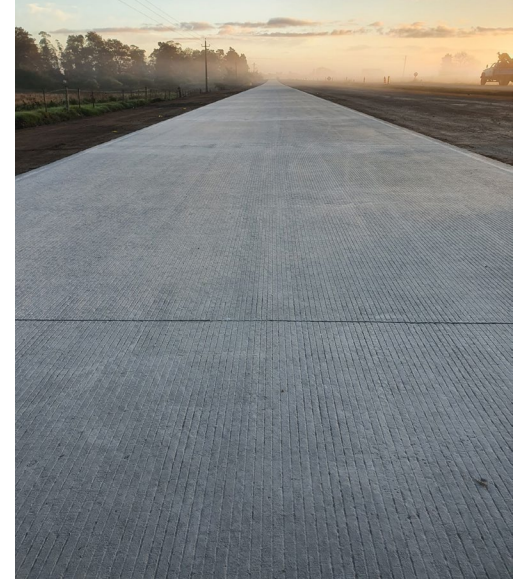
Originalmente solución planteada en Pavimento Flexible

Ganadores de cada licitación proponen modificar a Pavimento Rígido

Motivos: Costos competitivos y similares

Mayor durabilidad (30 años de diseño)

Certidumbre de mínimo mantenimiento (10 años)



Construcción de Pavimentos de Hormigón

Ruta 5 Doble vía - Reconstrucción ruta existente y senda Nueva

Reconstrucción Ruta existente: Whitetopping adherido con macrofibras

Losas 1,80 x 1,80

Espesor 14 cm

Espesor de MA remanente 16 cm (min)

Banquinas en hormigón sobre base cementada

Senda nueva: Hormigón simple con pasadores y barras de unión

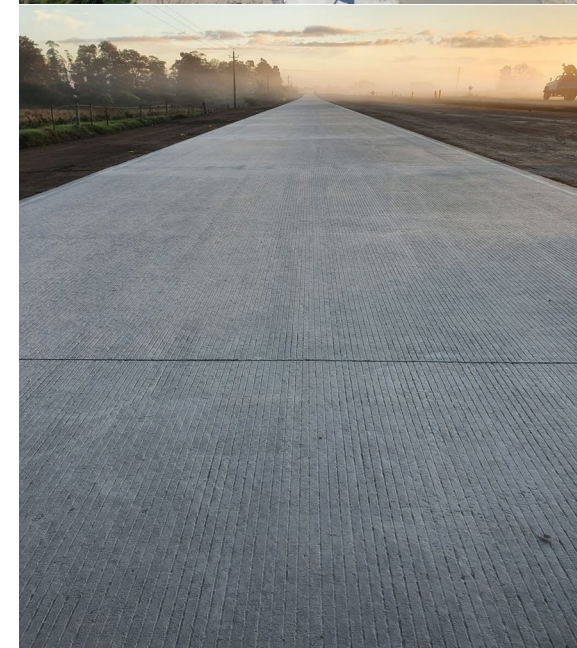
Losas 3,60 x 4,50

Espesor 22 cm

Base cementada 15 cm

Sub-base granular CBR>20 15 cm

Banquinas de hormigón sobre base cementada



PROYECTO	SENDA NUEVA			SENDA EXISTENTE			
		COSTO (Millones USD)	COSTO/KM (USD)		COSTO (Millones USD)	COSTO/KM (USD)	
PROYECTO ORIGINAL - ASFALTO	Obra inicial	Rodadura Asfalto Modificado e = 4 cms	48.206.474	1.339.068	Fresado zonas con ahuellamiento Bacheo en zonas con fallas estructurales	4.005.997	250.374
		Base Negra e = 12 cms					
		Base Granular Cementada e = 25 cms					
		Sub-base Granular CBR > 60% e = 20 cms					
		Sub-base Granular CBR > 40% e = 20 cms					
	Subrasante CBR > 3%						
	Mantenimiento (VPN)	Fresado en ahuellamiento - Año 5 y 10	8.854.044	245.945	Fresado ahuellamiento - Año 5 y 10 Bacheo en zonas con fallas estructurales Asfalto Modificado Año 5 y 10 e = 4 cms	3.935.130	245.945
		Bacheo en zonas con fallas estructurales					
		Recapado Año 5 y 10 e = 4 cms					
	Costo Total		57.060.518	1.585.014		7.941.127	496.320
Vida Util	10 años			10 años			

PROYECTO	SENDA NUEVA				SENDA EXISTENTE		
			COSTO (Millones USD)	COSTO/KM (USD)		COSTO (Millones USD)	COSTO/KM (USD)
PROYECTO DEFINITIVO - HORMIGON	Obra inicial	Calzada y Banquinas	50.393.700	1.339.068	Calzada y Banquinas	7.378.850	461.178
		Pavimento de Hormigón e = 22 cms			Whitetopping adherido c/ fibras e=14 cms		
		Base Granular cementada e = 15 cms			Fresado zonas con ahuellamiento		
		Sub-base Granular CBR > 20% e=15 cms			Bacheo en zonas con fallas estructurales		
	Mantenimiento (VPN)	Sustitución de sellos en juntas Año 7	6.950.198	193.061		3.088.976	193.061
	Costo Total		57.343.898	1.532.129		10.467.826	654.239
	Vida Util	20 años			30 años		
OBSERVACIONES	Si espesor fuera e = 24 cms, su Vida Util superaría los 30 años						

RESUMEN RUTA 5 – DOBLE VIA KM 69 AL 95,4

PROYECTO	SENDA NUEVA			SENDA EXISTENTE		
	VIDA UTIL	COSTO (Millones USD)	COSTO/KM (USD)	VIDA UTIL	COSTO (Millones USD)	COSTO/KM (USD)
ORIGINAL - ASFALTO	10 AÑOS	57.060.518	1.585.014	10 AÑOS	7.941.128	496.321
DEFINITIVO - HORMIGON	20 AÑOS	57.343.899	1.532.130	30 AÑOS	10.467.827	654.239

Seminario Internacional

Construcción de Pavimentos de Hormigón



RUTA 5 – DOBLE VIA KM 69 AL 95,4 PROCESO CONSTRUCTIVAS



PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE (BASE CEMENTADA)

TOPOGRAFÍA Y TRABAJOS PREVIOS

→ El corte de la base cementada se realiza con equipo 3D y estación total. Tolerancia de $\pm 1\text{cm}$

→ Barrido y humedecimiento previo de la superficie.

→ Replanteo de juntas transversales.





ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DEL HORMIGÓN

- Hormigón suministrado por Hormigones Artigas.
- Dos plantas de 60m³/hr (Ubicación: 88K600).
- Una planta de 40m³/hr (Ubicación: 80K000).
- Producción total de hormigón: **160 m³/hr.**



ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DEL HORMIGÓN

- Hormigón suministrado por Hormigones Artigas.
- Dos plantas de 60m³/hr (Ubicación: 88K600).
- Una planta de 40m³/hr (Ubicación: 80K000).
- Producción total de hormigón: **160 m³/hr.**
- Trituración de agregados por Gofinal.



ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DEL HORMIGÓN

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN

→ $R_{f,M} \geq 45 \text{ kg/cm}^2$

→ $R_{c,M} \geq 360 \text{ kg/cm}^2$

→ Asentamiento $3 \pm 2 \text{ cm}$



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES

➔ Insertador de **pasadores** (DBI).



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES



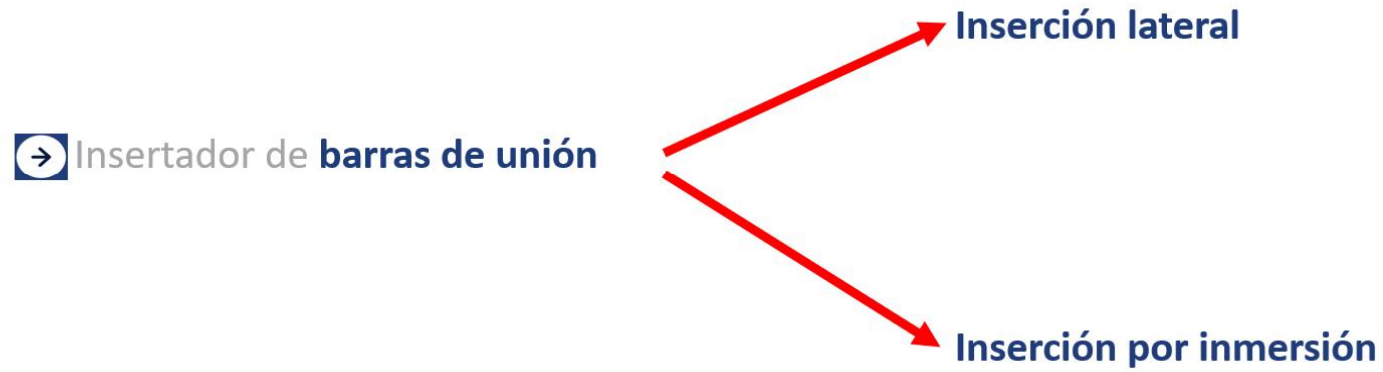
TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES

➔ INSERCIÓN LATERAL

Inserción de barras de unión en **junta longitudinal del eje.**

Trabaja de manera **semiautomática.**



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES

➔ INSERCIÓN POR INMERSIÓN

Inserción de barras de unión en
junta longitudinal banquina/calzada.

Trabaja de manera semiautomática.



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES

➔ INSERCIÓN POR INMERSIÓN

Inserción de barras de unión en
junta longitudinal banquina/calzada.

Trabaja de manera **semiautomática.**



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

INSERCIÓN DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES

VENTAJAS

- Aumento de la productividad.
- Reducción de materiales de insumo.
- Mayor calidad en el producto terminado.



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

TERMINACIÓN SUPERFICIAL (FLOATING Y LLANEADO)

- El equipo realiza tareas de llaneado de forma automatizada (FLOATING), con el fin de cortar y nivelar las huellas dejadas por la pavimentadora a su paso.
- Se complementa manualmente con una llana de 1,8 metros.



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

NIVELACIÓN

Para el tendido de hormigón se cuenta con:

- Red de mojones de apoyo.
- Seis estaciones totales marca Leica (precisión 1”).
- Sistema Leica con software Control Machine por cada terminadora.

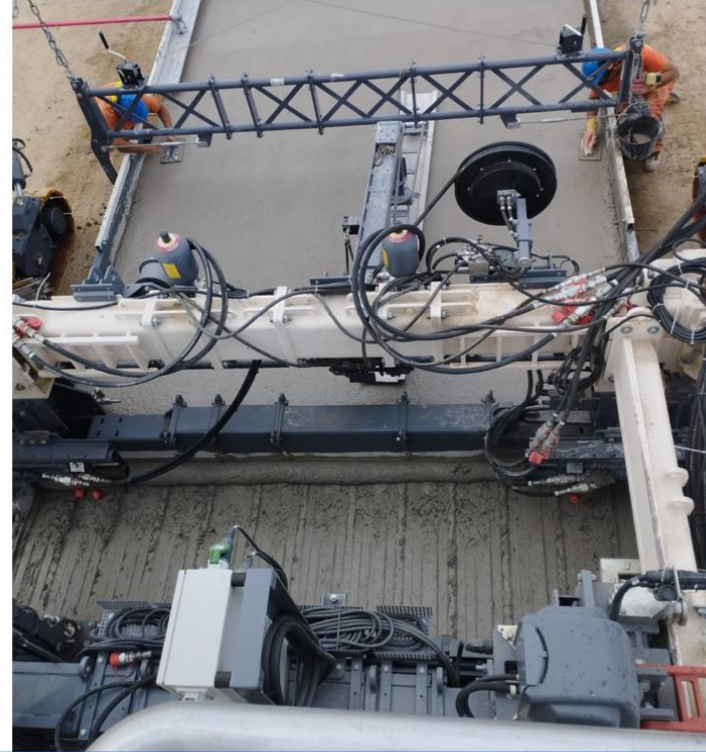


TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN

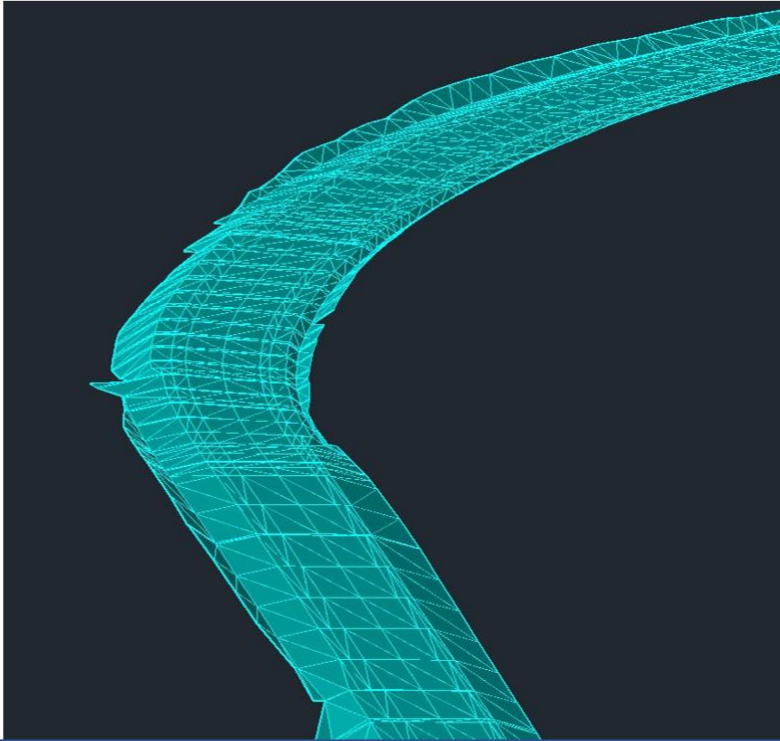
NIVELACIÓN

- Oficina técnica genera input del proyecto para cargar a las terminadoras y estaciones totales.
- Cada terminadora utiliza dos estaciones totales para posicionarse de forma continua, y una tercera para el recambio en el avance del tendido y para control de la producción.
- La terminadora trabaja de manera automatizada.

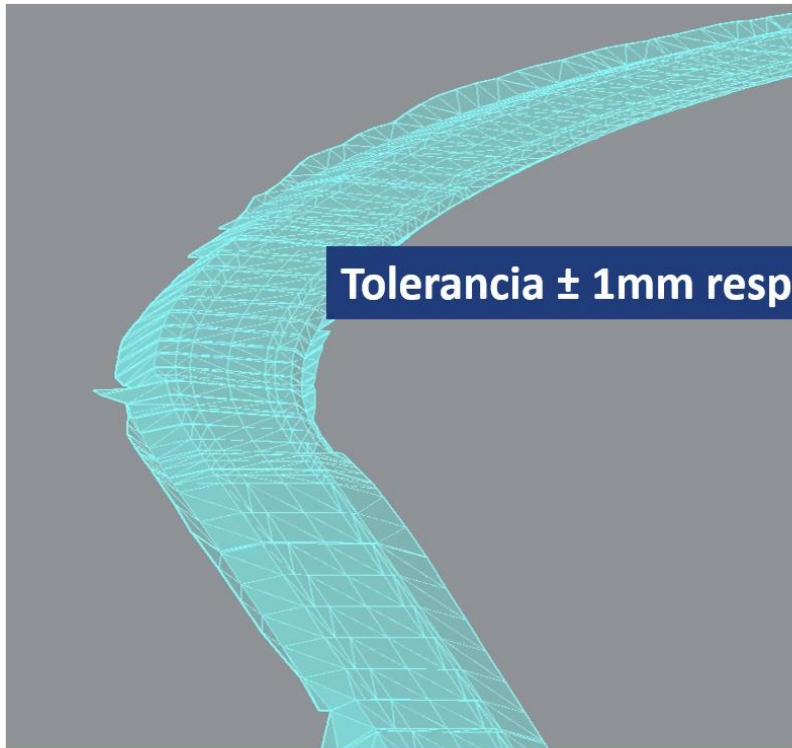
TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN



TENDIDO Y CONFORMACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN



Tolerancia $\pm 1\text{mm}$ respecto al Proyecto



TEXTURIZADO Y CURADO

EQUIPOS: DOS EQUIPOS DE TEXTURIZADO Y CURADO Wirtgen – TCM180

- Trabaja de manera automatizada, según sensores que definen la planialtimetría del pavimento de hormigón ya ejecutado durante su avance.
- La automatización en estos procesos permite alcanzar una mayor uniformidad en la textura y la dotación de curador aplicado.



TEXTURIZADO Y CURADO

TEXTURIZADO

- El texturizado se realiza con un peine que genera un estriado longitudinal de 3 mm de profundidad, 3 mm de ancho y un espaciado de 16 mm entre ejes.
- Se texturiza en ancho completo banquina - media calzada.
- Velocidad promedio de avance 8 m/min.

TEXTURIZADO



RESULTADOS OBTENIDOS



RESULTADOS OBTENIDOS



TEXTURIZADO Y CURADO

CURADO

- Como producto de curado se utiliza antisol blanco.
- Dosificación: 0,12 lt/m².
- Velocidad promedio de avance 13 m/min.



ASERRADO Y TOMADO DE JUNTAS

ASERRADO

- Cinco cortadoras Soff-Cut de la marca Husqvarna, para corte temprano (corte verde).
- Ventana de tiempo de entrada: 3 – 6 hrs.

ASERRADO Y TOMADO DE JUNTAS

ASERRADO

VENTAJAS DEL USO DE CORTADORAS SOFF-CUT:

- Reducción del riesgo de fisuración por contracción temprana.
- Aumento de productividad.
- Menor consumo de discos de corte.

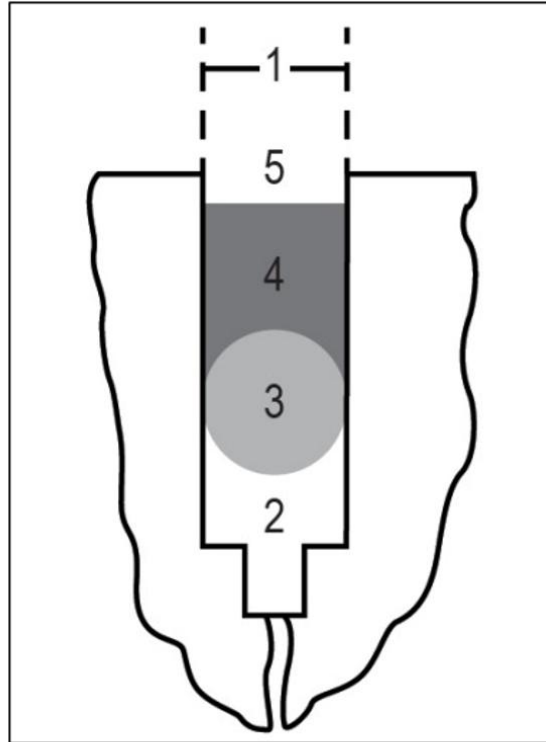
ASERRADO Y TOMADO DE JUNTAS

TOMADO DE JUNTAS

- ➔ Se realiza la limpieza de la junta con aire comprimido y se asegura que no haya humedad.
- ➔ Previo al sellado, se coloca el cordón de respaldo de polietileno a una profundidad entre 12 a 15 mm.
- ➔ Finalmente se sella la junta con producto SikaSil 728SL, tipo siliconado.

ASERRADO Y TOMADO DE JUNTAS

DETALLE DE JUNTA



1.- 4 mm (espesor de aserrado).

3.- 6 mm (cordón de respaldo).

4.- 4 mm (silicona).

5.- 10 mm.

Entonces:

¿Cuáles han sido las Claves del Éxito en el Desarrollo de Pavimentos Rígidos en Uruguay?

- ❖ Apertura de técnicos y autoridades del MTOP
- ❖ Pavimentos de calidad y larga durabilidad
- ❖ Productividad y Sistematización → Competitividad y Calidad
- ❖ Compromiso en invertir en equipamiento de punta
- ❖ Comparar alternativas comparables: Considerar "Costo del Ciclo de Vida"



Construcción de Pavimentos de Hormigón

- ❖ Apoyo de experiencias en otros países y organismos
- ❖ Capacitación Técnica en todos los niveles
- ❖ Trabajo en Equipo entre todas las partes involucradas
- ❖ Incentivar la regularidad superficial (bajo IRI)
- ❖ Orgullo y Compromiso de realizar infraestructura de Calidad y de Larga Vida Util con costos muy competitivos





UMI PAVIMENTO DE HORMIGÓN
"OJEJAPÓVA ODURA HAGUÃ"

AGUYJE